

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-134958

(43)Date of publication of application : 28.05.1996

(51)Int.Cl.

E02F 9/20

G06F 17/50

H04N 7/18

(21)Application number : 06-275430

(71)Applicant : KAJIMA CORP

(22)Date of filing : 09.11.1994

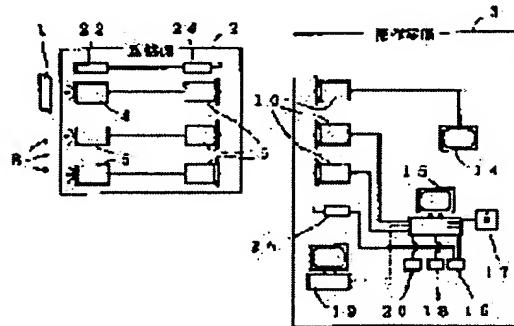
(72)Inventor : MIYAUCHI YOSHIKAZU
SATO TOSHIBUMI
HIROSE MOTOHISA

(54) WORK SUPPORT IMAGE SYSTEM FOR REMOTE CONSTRUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To overlap an object shape image during work on a design shape image for display.

CONSTITUTION: A heavy machine 2 for remote construction is provided with a movable visual mark 8, a camera 5 for measurement which photographs measured images of construction object plane 1 for which a design image is prepared and the visual mark 8 from different directions, a satellite measuring device 22 which measures three-dimensional coordinate of the visual mark 8, and transmission devices 6, 24 which transmit images and visual mark coordinate. Receiving devices 10, 26, a display 14 for operation, and a display 15 for measurement for displaying measured image are provided in a control chamber 3 for remote operation. A relationship between a set of two-dimensional image coordinate at any point and three-dimensional coordinate at the point is calculated from a set of two-dimensional image coordinate of visual mark in a plurality of measured images from different directions and three-dimensional coordinate of the visual mark. Three-dimensional coordinate at each representative point is obtained by the relationship from a set of two-dimensional image coordinate at representative point on an object plane in a plurality of measured images,



operation image on an object plane 1 is prepared from three-dimensional coordinate at the representative point, and the operation image is overlapped on design image to display it on a display for operation.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.04.1998
[Date of sending the examiner's decision of 17.05.2000
rejection]
[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3364856
[Date of registration] 01.11.2002
[Number of appeal against examiner's 2000-08859
decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's 15.06.2000
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項1】三次元座標が既知の視標と設計画像作成済みの施工対象面との計測画像を複数の所定位置の計測用カメラで異方向から撮影し、前記複数の計測画像上の視標の二次元画像座標の組を検出し、検出した二次元画像座標の組と前記既知の三次元座標とから任意点の前記複数の計測画像上の二次元座標の組と当該任意点の三次元座標との対応関係を算出し、前記所定位置からの計測画像における前記施工対象面上の代表点の二次元画像座標の組を検出し、検出した代表点の二次元画像座標の組から前記対応関係により前記代表点の三次元座標を求め、求めた代表点の三次元座標から前記設計画像の視点と同一視点から見た施工対象面の操作画像を作成し、前記施工対象面の操作画像と設計画像とを重畳表示してなる遠隔施工の作業支援画像システム。

【請求項2】1以上の可動視標と、設計画像作成済みの施工対象面及び前記視標の計測画像を所定位置で異方向から撮影する計測用カメラと、前記視標の対地三次元の座標を計測する衛星測量装置と、前記計測画像及び座標を送信する送信装置とを有する遠隔施工用の重機；前記送信装置から受信する受信装置と、操作用ディスプレイと、前記計測画像表示用の計測用ディスプレイとを有する前記重機の遠隔操作用制御室；前記計測用ディスプレイ上の異方向からの複数の計測画像における特定の前記視標の二次元座標の組と当該特定の前記視標の三次元座標とから任意点の前記二次元座標の組と当該任意点の三次元座標との対応関係を算出する算出手段；前記複数の計測画像における前記対象面上の複数の代表点の各々の二次元画像座標の組から前記対応関係により当該各々の代表点の三次元座標を求め且つ求めた代表点三次元座標から前記設計画像の視点と同一視点から見た対象面の操作画像を作成する操作画像作成手段；並びに前記設計画像と操作画像とを重畳して前記操作用ディスプレイ上に表示する重畳手段を備えてなる遠隔施工の作業支援画像システム。

【請求項3】請求項2の画像システムにおいて、前記重機に作業対象面撮影用の操作用カメラを設け、前記送信装置により前記操作用カメラの出力画像を前記操作画像作成手段へ送り、前記操作画像を前記複数代表点の三次元座標及び操作カメラの出力画像に基づいて作成してなる遠隔施工の作業支援画像システム。

【請求項4】請求項2又は3の画像システムにおいて、前記重機上の異なる所定位置に2台の前記計測用カメラを設け、前記制御室に前記2台の計測用カメラの計測画像をそれぞれ表示する2台の前記計測用ディスプレイを設け、前記二次元座標の組と三次元座標との対応関係を前記算出手段においてステレオ画像計測法により算出してなる遠隔施工の作業支援画像システム。

【請求項5】請求項2、3又は4の画像システムにおいて、前記複数の視標を1本の可動視標杆に取付けてなる

遠隔施工の作業支援画像システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、遠隔施工の作業支援画像システムに関し、とくに設計形状を表わす設計画像と現状を表わす操作画像とを重畳して表示することにより遠隔施工の作業を支援する画像システムに関する。

【0002】

【従来の技術】制御技術の進歩に伴い、危険な環境での操作や作業員の立入りが困難な場所での操作のためには、操作すべき機械類だけを操作場所に置き、その場所から離れた安全な制御室において機械類の操作をする遠隔操作が増加する傾向にある。地盤整備その他の土工事もこの傾向の例外ではなく、例えば図3に示すように作業対象面1に対して土処理を施す重機2のような土処理機械を離隔地点から操作する遠隔施工が実際に採用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の土工事においては、作業すべき位置及び作業対象の設計形状を示す縄をいわゆる丁張として設置し、作業員はその丁張を目安とし、現状と設計形状との差を確認しながら作業を進める。しかし、遠隔施工においては丁張の設置や確認が極めて困難である。このため、丁張を用いた施工に比し、遠隔施工は品質的に劣りがちとなる問題点があった。

【0004】従って、本発明の目的は、作業対象の設計形状と現状との比較ができる遠隔施工支援用の画像システムを提供するにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者は、土工事における施工対象面の現時点の形状を衛星測量及び画像処理の技術により画像（操作画像）として表わすことが可能であり、CAD（コンピュータ利用設計）装置等により作成される設計形状表示の設計画像とこの操作画像とを適宜調整のうえ重畳してディスプレイに表示すれば、丁張の様な機能をこの重畳表示により果し得ることに注目した。

【0006】図1を参照するに、本発明の遠隔施工の作業支援画像システムは、三次元座標（式(9)のX、Y、Z）が既知の視標8と設計画像Id（図3及び図6）作成済みの施工対象面1との計測画像（図5のIw1、Iw2）を複数の所定位置の計測用カメラ5で異方向から撮影し、複数の計測画像（Iw1、Iw2）上の視標8の二次元画像座標の組（図5のXa、Ya；Xb、Yb）を検出し、検出した二次元画像座標の組と前記既知の三次元座標とから任意点の前記複数の計測画像上の二次元座標の組と当該任意点の三次元座標との対応関係（式(10)のQ-1）を算出し、前記所定位置からの計測画像（Iw1、Iw2）における前記施工対象面1上の代表点（図5のM1、M2；N1、N2；…）の二次元画像座標の組（Xm1、Ym1；Xm2、Ym2；…）

…）を検出し、検出した代表点の二次元画像座標の組から前記対応関係により前記代表点の三次元座標（ X_M 、 Y_M 、 Z_M ：…）を求め、求めた代表点の三次元座標から前記設計画像 I_d の視点と同一視点から見た施工対象面1の操作画像 I_w （図3及び図6）を作成し、施工対象面1の操作画像 I_w と設計画像 I_d とを重ね合わせ重畠画像 I_s （図3及び図6）として表示する。

【0007】好ましくは、本発明の遠隔施工の作業支援画像システムを、1以上の可動視標8と、設計画像 I_d 作成済みの施工対象面1及び視標8の計測画像（ I_{w1} 、 I_{w2} ）を所定位置で異方向から撮影する計測用カメラ5と、視標8の対地三次元の座標（X、Y、Z）を計測する衛星測量装置22と、計測画像及び座標を送信する送信装置6とを有する重機2；送信装置6から受信する受信装置10と、操作用ディスプレイ14と、計測画像（ I_{w1} 、 I_{w2} ）表示用の計測用ディスプレイ15とを有する重機2の遠隔操作用制御室3；計測用ディスプレイ15上の異方向からの複数の計測画像（ I_{w1} 、 I_{w2} ）における特定視標8の二次元座標の組（ X_a 、 Y_a ； X_b 、 Y_b ）と当該特定視標8の三次元座標（X、Y、Z）とから任意点の前記二次元座標の組と当該任意点の三次元座標との対応関係（式（11）の Q^{-1} ）を算出する算出手段16；複数の計測画像（ I_{w1} 、 I_{w2} ）における対象面1上の複数の代表点（M、N、…）の各々の二次元画像座標の組（ X_{M1} 、 Y_{M1} ； X_{M2} 、 Y_{M2} ；…）から前記対応関係（ Q^{-1} ）により当該各々の代表点の三次元座標（ X_M 、 Y_M 、 Z_M ；…）を求め且つ求めた代表点三次元座標から設計画像 I_d の視点と同一視点から見た対象面1の操作画像 I_w を作成する操作画像作成手段18；並びに設計画像 I_d と操作画像 I_w とを重ね合わせ重畠画像 I_s として操作用ディスプレイ15上に表示する重畠手段20によって構成する。

【0008】

【作用】図2に示す宅地造成の土工事における区画No.12の完成法面M0N0R0S0を遠隔操作で施工する場合について説明する。この場合、点M0、N0、R0、S0はこの完成法面上に想定した代表点である。各代表点の三次元座標は、設計図から基準点30に対する相対座標として表わすことができる。好ましくは、この三次元座標の含まれる完成法面座標を記憶装置17（図1）に記憶する。図1及び図3の施工対象面1は完成前のこの法面の作業中の形状を示す。

【0009】また、代表点M0、N0、R0、S0の三次元座標は地球の経度、緯度、海面からの標高の様な地球座標として表わすことも可能であり、それらの地球座標を記憶装置17に記憶してもよい。さらに、記憶装置17を適当なCAD装置その他の設計画像製作装置19（図1）の部品とし、代表点M0、N0、R0、S0の三次元座標をそ

のCAD装置等で用いる座標系のものとして装置19内に記憶してもよい。

【0010】本発明の画像システムでは、土工事に使うパワーショベル等の工事用重機2に次の機器を装備する。

操作用カメラ4：施工対象面1を撮影する。遠隔施工の操作員はこのカメラの出力画像を監視しながら操作する。

計測用カメラ5：施工対象面1及び視標8の計測画像を撮影する。

アンテナ装置7（図3及び図4参照）：衛星測量装置22のアンテナ、画像送信機6のアンテナ、位置情報送信装置24のアンテナ等を含む。

画像送信機6：操作用及び計測用カメラの画像を制御室へ送信する。

視標8：ステレオ画像計測の係数算出に使う。好ましくは視標位置制御装置9（図3及び図4参照）を有する。

【0011】本発明は、作業中の対象面1の操作画像 I_w を作成するため、まず計測用カメラ5からの計測画像を利用する所謂パッシブ画像計測法により対象面1上の代表点M、N、R、S等の座標を計測する。その後、例えはそれらの代表点を結ぶ線によって定まる平面又は曲面を求め、それらの平面又は曲面を設計画像 I_d の視点と同一の視点から見た斜視図として作図する。必要に応じ、操作用カメラ4による施工対象面1の画像を、前記代表点の座標を考慮しながら設計画像 I_d の視点と同一の視点から見た斜視図に加工することもできる。

【0012】パッシブ画像計測法にはステレオ画像計測法、3眼視画像計測法、多眼視画像計測法等があるが、ここでは式（1）～（11）により2台の計測用カメラ5と2台の計測用ディスプレイ15を用いたステレオ画像計測法の原理を簡単に説明する。

【0013】ある時点における対象面1に対する一方の計測用カメラ5による計測画像が図5の I_{w1} であって一方の計測用ディスプレイ15上に表示され、同時点における同一対象面1に対する他方の計測用カメラ5による異方向からの計測画像が図5の I_{w2} であって他方の計測用ディスプレイ15上に表示されるものとする。特定視点8の三次元座標を（X、Y、Z）とし、一方の計測用ディスプレイ15の計測画像 I_{w1} 中のその視標8の画像81の座標が（ X_a 、 Y_a ）であるとし、他方の計測用ディスプレイ15上の計測画像 I_{w2} 中のその視標8の画像82の座標が（ X_b 、 Y_b ）であるとすれば、次の関係式（1）～（11）が成立する。

【0014】

【数1】

$$(A_{1,1} - A_{2,1}X_0)X + (A_{1,2} - A_{2,2}X_0)Y + (A_{1,3} - A_{2,3}X_0)Z = A_{3,4}X_0 - A_{1,4} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$(A_{21} - A_{22}Y_2)X + (A_{22} - A_{23}Y_2)Y + (A_{23} - A_{24}Y_2)Z = A_{24}Y_4 - A_{23} \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$(B_{1,1} - B_{2,2} Xb)X + (B_{1,2} - B_{2,1} Xb)Y + (B_{1,3} - B_{2,2} Xb)Z = B_{3,2} Xb - B_{1,4} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$(B_{3,1} - B_{3,1}Yb)X + (B_{3,2} - B_{3,2}Yb)Y + (B_{3,3} - B_{3,3}Yb)Z = B_{3,4}Yb - B_{3,4} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$\begin{bmatrix} A & X_0 & A \\ X_0 & A & X_0 \\ A & X_0 & A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 \\ A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A \\ X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 \\ A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A \\ X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 \\ A & X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A \\ X_0 & A & X_0 & A & X_0 & A & 1 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} B_{3,1}Xb - B_{3,4} \\ B_{4,1}Xb - B_{4,4} \\ B_{3,4}Yb - B_{4,4} \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} B_{1,1} - B_{1,2}Xb & B_{1,2} - B_{2,2}Xb & B_{1,3} - B_{2,3}Xb \\ B_{2,1} - B_{2,2}Yb & B_{2,2} - B_{2,3}Yb & B_{2,3} - B_{2,4}Yb \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

【〇〇一五】式(11)は、任意点の三次元座標(X、Y、Z)が、その任意点を異方向から見た2つの計測画像 l_{w1} 及び l_{w2} 上の二次元座標(Xa、Ya)と(Xb、Yb)から求められることを示す。式(1)、(2)及び(9)の比較から認められるように任意点の三次元座標(X、Y、Z)と計測画像上の二次元座標(Xa、Ya)及び(Xb、Yb)との対応関係は、式(1)の12個の定数A₁₁～A₃₄からなるマトリクスA及び式(2)の12個の定数B₁₁～B₃₄からなるマトリクスBによって定まる。

【0016】式(1)の視察によれば、同一平面上にはなく且つ三次元座標が既知である6点に対する上記二次元画像座標(Xa, Ya)及び(Xb, Yb)が測定できれば、マトリクスAの12個の定数A₁₁～A₃₄が算定できる。三次元座標及び画像座標が既知の点の数が6を超えて7以上であれば、定数A₁₁～A₃₄の値を一層精度良く定めることができる。本願発明における視標8は、この定数A₁₁～A₃₄等を算出するためのものである。

【0017】重機2自体の三次元座標を衛星測量装置22で計測すれば、視標8の三次元座標が定まる。重機2に対する視標8の相対位置が、図3及び図4の実施例では以下に説明する視標8の移動の前後を通じて追跡されているからである。計測用カメラ5で視標8を異方向から撮影すれば、視標8の二次元画像座標を計測用ディスプレイ15上で求めることができる。同一平面上にない既知位置の視標8を6個以上設けるか又は1個の視標8を同一平面上にない既知の6位置以上の位置へ移動してそれ

らの二次元画像座標 (X_a, Y_a) を計測用ディスプレイ15上で計測すれば、定数 $A_{11} \sim A_{34}$ を式(1)により算出できる。図1の算出手段16はこの算出を行う。同様の操作により定数 $B_{11} \sim B_{34}$ をも式(2)により算出することができる。

【〇〇18】定数A11～A34及び定数B11～B34が一旦算出されると、任意の点について異方向から撮影した画像の二次元画像座標(Xa, Ya)及び(Xb, Yb)を計測用ディスプレイ15上で測定すれば、式(11)の項F及び逆マトリクスQ⁻¹を算出できるので、 $V = Q^{-1}F$ の関係によりその点の三次元座標V(X, Y, Z)が計算できる。図1の算出手段16はこの計算をも行う。

【〇〇19】図5及び図6により代表点M、N、R、S、U及びVを含む操作画像 I_w の作成を説明する。図5において、対象面1に対する異方向からの計測画像 I_{w1} 及び I_{w2} 上に代表点 M_1 、 N_1 、 R_1 、 S_1 、 U_1 、 V_1 及び M_2 、 N_2 、 R_2 、 S_2 、 U_2 、 V_2 がある。それらの代表点から二次元画像座標 (X_{M1}, Y_{M1}) 、 (X_{N1}, Y_{N1}) 、 (X_{R1}, Y_{R1}) 、 (X_{S1}, Y_{S1}) 、 (X_{U1}, Y_{U1}) 、 (X_{V1}, Y_{V1}) 及び (X_{M2}, Y_{M2}) 、 (X_{N2}, Y_{N2}) 、 (X_{R2}, Y_{R2}) 、 (X_{S2}, Y_{S2}) 、 (X_{U2}, Y_{U2}) 、 (X_{V2}, Y_{V2}) を求める。これらの二次元画像座標から、式(11)により各代表点の三次元座標 (X_M, Y_M, Z_M) 、 (X_N, Y_N, Z_N) 、 (X_R, Y_R, Z_R) 、 (X_S, Y_S, Z_S) 、 (X_U, Y_U, Z_U) 、 (X_V, Y_V, Z_V) が定まる。

【0020】複数の代表点M、N等の三次元座標が定ま

れば、図1の操作画像作成装置18により設計画像Idの視点と同一の視点から見た対象面1の操作画像Iwが作成できる。操作画像Iwは、最も簡単にはそれらの代表点M、N等の三次元座標及びそれらの代表点が曲がり角である等の属性を考慮に入れた平面又は曲面の組合せた構造を、設計画像Idの視点と同一視点からの斜視図にしたものである。

【0021】図6の操作画像Iwは、以上の手法により計測画像Iw1及びIw2から作成した斜視図の一例を示す。操作画像作成装置18の入力として操作用カメラ4の出力画像を使うこともできる。その場合は、各種調整即ち設計画像Idの視点と同一の視点から見た画像に変える調整、設計画像Idと同一の縮尺に揃える調整、前記三次元座標にある代表点M、N等を合理的位置に表示する調整等が必要である。

【0022】上記操作画像Iwと重畠表示すべき設計画像Idは、例えば対象面1を重機2で加工するに先立ち、CAD装置等の設計画像作成装置19により図6の設計画像Idのような設計図として作成され、記憶装置17に蓄積される。又は対象面1の設計図を手書き若しくは製図機械によって作成し、その結果を記憶装置17に記憶しておいてもよい。

【0023】対象面1の施工中に任意の段階で、設計画像作成装置19又は記憶装置17から設計画像Idを図1の操作用ディスプレイ14に読み出し、重畠手段20により操作画像Iwを設計画像Idに重ね合わせ、図6の重畠画像Isのように表示する。この重畠表示により、任意時点における対象面1の形状と設計形状との比較、即ち施工途中における現状形状と設計形状との差の確認を可能にする支援が実現される。遠隔施工においても、丁張による比較と同様な設計形状との比較が可能になり、仕上り品質を向上させることができる。

【0024】よって、本発明の目的である「作業対象の設計形状と現状との比較ができる遠隔施工支援用の画像システム」の提供が達成される。

【0025】

【実施例】図3(A)は、本発明の遠隔施工の作業支援画像システムをパワーショベルである重機2に実施した例を示すが、本発明のシステムの適用対象はパワーショベルに限定されない。図3(B)は、この実施例における作業画像Iw、設計画像Id及びそれらを重ね合わせた重畠画像Isの一例を示す。図3(A)では、視標8を図4のように視標杆8aに取付け、重機2上の基準点、例えば重機2に固定の計測用カメラ5に対する視標8の相対位置を視標位置制御装置9によって変えられようとしている。

【0026】即ち、図4(B)及び図4(C)に示すように視標位置制御装置9は、重機2に一体的に固定された支

持テーブル9t、そのテーブル9tの上で摺動可能な前後移動板9aと左右移動板9bと上下移動素子9cとを有する3方向位置決めユニット、及び上下移動素子9cに固定の支持アーム9dからなり、視標杆8aは支持アーム9dの先端に固定される。前記位置決めユニットの動作を適当なモニター(図示せず)で監視することにより、重機2に対する視標杆8aの相対位置、従って視標杆8aに固定された視標8の相対位置を監視することができる。図4(D)の視標杆8aは、間隔S1、S2、…を隔てた所定位置にn個の視標8を有し、好ましくは、それらの視標8を同一平面上にない所定位置に保持する。

【0027】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明の遠隔施工の作業支援画像システムは、施工対象面の現在の形状が表わされた作業画像を設計画像に重畠させて表示するので、次の顕著な効果を奏する。

【0028】(イ)遠隔施工においても作業対象面の現在の形状を設計された目標形状と比較しながら作業を進められるので、完成形状の品質を向上させることができる。

(ロ) 設計された目標形状として、従来の機械設計製図システムのデータベース等を利用できるので、作業支援のための格別の設計情報を必要としない。

(ハ) 設計にCAD装置を使用する場合には、CADソフトウェアの簡単な修正により代表点座標に応じて操作画像を作図することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】は、本発明の構成を示すブロック図である。

【図2】は、整地工事の平面図の一例である。

【図3】は、本発明の一実施例の模式図である。

【図4】は、視標杆の説明図である。

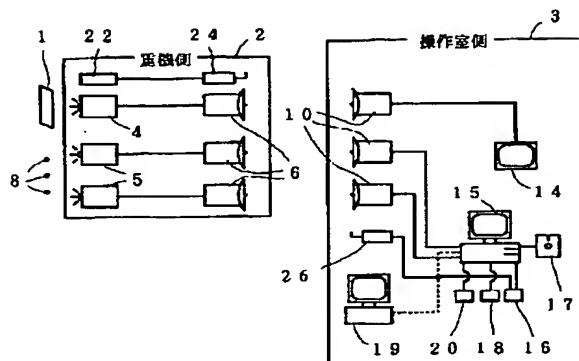
【図5】は、代表点の説明図である。

【図6】は、重畠図を作成する過程の説明図である。

【符号の説明】

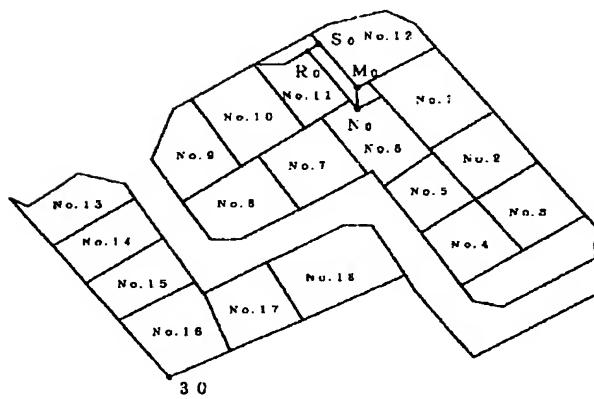
1 対象面	2 重機
3 制御室	4 操作用カメラ
5 計測用カメラ	6 画像送信機
7 アンテナ装置	8 視標
9 視標位置制御装置	10 画像受信機
14 操作用ディスプレイ	15 計測用ディスプレイ
16 算定手段	17 記憶装置
18 操作画像作成手段	19 設計画像作成手段
20 重畠手段	22 衛星測量装置
24 位置情報送信装置	26 位置情報受信装置
30 基準点	Id 設計画像
Iw1、Iw2 計測画像	Iw 操作画像
Is 重畠画像。	

[図 1]



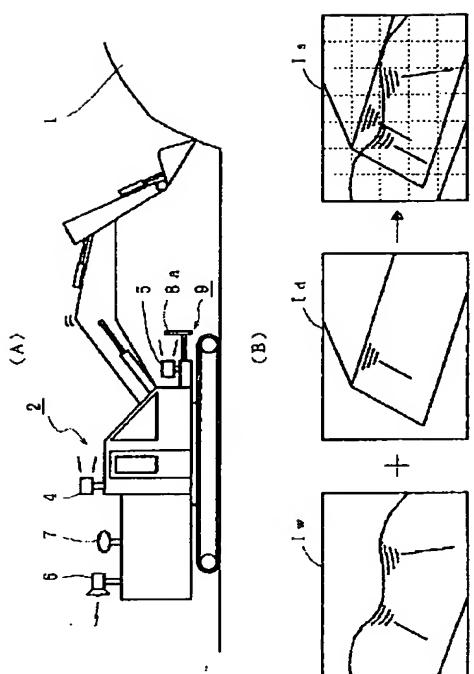
1 : 対象、	2 : 重機、	3 : 制御室、
4 : 操作用カメラ、	5 : 計測用カメラ、	6 : 西像送信装置、
8 : 視標、	10 : 画像受信機、	14 : 操作用ディスプレイ、
15 : 計測用ディスプレイ、	16 : 算定手段、	17 : 記憶装置、
18 : 操作画像作成装置、	19 : 計算画像作成装置、	
20 : 並行手段、	22 : 衛星測量装置、	24 : 位置情報送信装置、
26 : 位置情報受信装置。		

[図2]



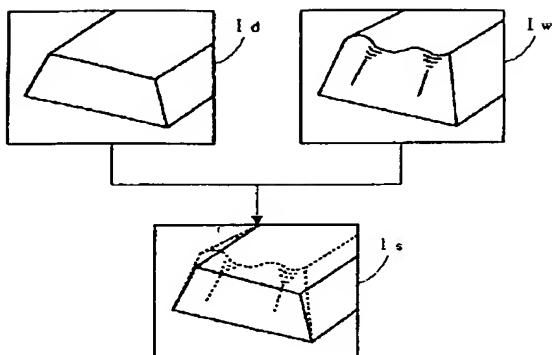
M_0, N_0, R_0, S_0 ：代表点， 30 ：基准点。

【図3】



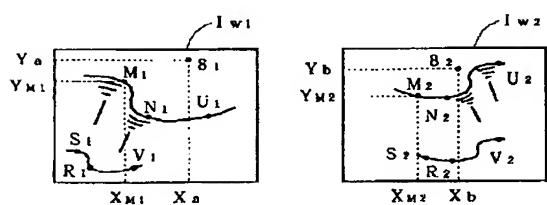
1: 対象、 2: 重機、 4: 操作用カメラ、
 5: 計測用カメラ、 6: 画像送信装置、 7: アンテナ装置、
 8: 視標杆、 9: 視標位置制御装置、 I_d : 設計画像、
 I_o : 操作画像、 I_s : 重複画像。

【図6】



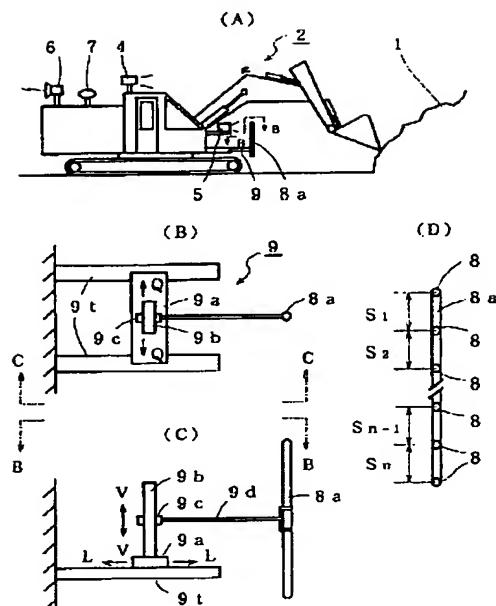
I_d : 設計画像、 I_o : 操作画像、 I_s : 重複画像。

【図5】



I_{w1} : 第1計測画像、 I_{w2} : 第2計測画像、
 S_1 : 第1計測画像上の視標、 S_2 : 第2計測画像上の視標、
 $M_1, N_1, R_1, S_1, U_1, V_1$: 第1計測画像上の代表点、
 $M_2, N_2, R_2, S_2, U_2, V_2$: 第2計測画像上の代表点、

【図4】



1 : 対象、	2 : 重機、	4 : 操作用カメラ、
5 : 計測用カメラ、	6 : 西像送信装置、	7 : アンテナ装置、
8 : 視標、	9 : 視標杆、	9 : 視標位置制御装置、